



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 1 年    8 月 2 1 日  
Date of Application:

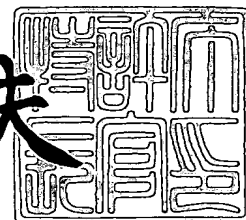
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 1 - 2 5 0 8 1 7  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 1 - 2 5 0 8 1 7 ]

出      願      人                      古河電気工業株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    1 月 2 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 A10196

【提出日】 平成13年 8月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 門 想子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 江森 芳博

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 並木 周

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100076369

【弁理士】

【氏名又は名称】 小林 正治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015163

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ラマン増幅方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

増幅媒体にファイバが使用されたラマン増幅器において、波長の異なる二以上の励起光により信号光を励起するラマン増幅方法であり、後方励起により信号光帯域内で平坦なラマン利得が得られるように二以上の励起光の波長とパワーを組み合わせ、組合わせた励起光の一部または全てを用いて双方向励起とし、この双方向励起の総パワーは変えずに各波長への励起光のパワーの分配を後方励起時と変えるようにしたことを特徴とするラマン増幅方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載のラマン増幅方法において、組合わせた励起光の一部を前方励起に、組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用したことを特徴とするラマン増幅方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 記載のラマン増幅方法において、組合わせた励起光のうち短波長側の励起光を前方励起に、組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用したことを特徴とするラマン増幅方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載のラマン増幅方法において、いずれの組合わせにおいても、前方励起光のパワーよりも後方励起光のパワーが大きいことを特徴とするラマン増幅方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光通信に使用されるラマン増幅方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年は光通信における情報量の増加が著しい。そのため伝送容量の拡大が要求

されている。伝送容量拡大のためにWDM伝送が行われている。その場合、増幅可能帯域を更に増加させるラマン増幅器が使用されている。

#### 【0003】

ラマン増幅におけるNF (Noise Figure) の波長特性は、図6のように、増幅媒体であるファイバの長さが長くなると大きくなる。即ち、ファイバ長が長くなって伝送ロスが大きくなると、信号光が低減し、ノイズが増加してNFが大きくなる。

#### 【0004】

同じ励起条件での、前方励起と後方励起の場合のNFの波長特性を示すと図5のようになる。後方励起の場合は、信号がファイバ内を伝搬してから増幅されるため、信号だけでなくノイズも増幅されてしまい、全体のレベルがアップするがNFも大きくなる。前方励起の場合は、信号が増幅されてからファイバ内を伝搬するため、伝搬によって信号が減衰するがノイズも減衰するためNFが小さくなる。このため、前方励起は後方励起に比してノイズを低く抑えることができる。しかし、一般的に、信号光は短波長側でのファイバロスが大きいいため、前方励起では伝搬中の信号減衰量が短波長側で特に多い。このため短波長側でのノイズが目立ち、図5のように短波長側でのNFが大きくなる。これら理由から、ラマン増幅は後方励起で行われることが多い。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

前記のように、NFは、前方励起では短波長側で大、長波長側で小となり、後方励起では短波長側で小、長波長側で大となるため、いずれか一方向の励起のみでは、NFは、信号帯域全般で平坦にならない。NFが大きくなると信号の歪みにつながり好ましくない。また、NFが信号帯域全般で平坦にならないとS/N比の変動(劣化)に波長特性が生じて好ましくない。このためNFの低減と平坦化が望まれている。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明はNFを改善し、NFが平坦化されるようにしたラマン増幅方法を提供

するものである。

#### 【0007】

本発明の第1のラマン増幅方法は、増幅媒体にファイバが使用されたラマン増幅器において、波長の異なる二以上の励起光により信号光を励起するラマン増幅方法であり、後方励起により信号光帯域内で平坦なラマン利得が得られるように二以上の励起光の波長とパワーを組合わせ、組合わせた励起光の一部または全てを用いて双方向励起とし、双方向励起の総パワーは変えずに各波長への励起光のパワーの分配を変えるようにしたラマン増幅方法である。

#### 【0008】

本発明の第2のラマン増幅方法は、前記第1のラマン増幅方法において、組合わせた励起光の一部を前方励起に、組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用するラマン増幅方法である。

#### 【0009】

本発明の第3のラマン増幅方法は、前記第1又は第2のラマン増幅方法において、組合わせた励起光のうち短波長側の励起光を前方励起に、組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用したことを特徴とするラマン増幅方法。

#### 【0010】

本発明の第4のラマン増幅方法は、前記第1乃至第3のいずれかのラマン増幅方法において、いずれの組合わせにおいても、前方励起光のパワーよりも後方励起光のパワーを大きくするラマン増幅方法である。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

本発明のラマン増幅方法の一例を図1に基づいて説明する。この実施形態では、任意の信号光帯域において、後方励起により平坦な利得（図1の後方励起利得：A）が得られるように、励起波長と励起パワーの組合わせを計算によって求める。次に、このときのNF（図1の後方励起NF：B）とほぼ同じ傾きを持つ利得（図1の前方励起利得：C）が得られる前方励起光のパワーを計算によって求める。この前方励起光を含む励起光により双方向励起する。この場合、各波長への励起光のパワーの分配を変えるが、励起光の総パワーは変えない。即ち、総パ

ワーは前記後方励起の場合と等しくする。

【0012】

(実験例1)

後方励起により平坦な利得（後方励起利得）が得られる励起波長と励起パワーの組合わせとして、表1に示すような組合わせがあるとき、短波長側の3波を前方励起とし、組合わせに使用された励起光の全て（全波長：5波）を後方励起とし、これら励起光の総パワーを変えずに（後方励起の場合と等しくして）各波長のパワー配分のみを変えて励起した。この場合、いずれの組合わせにおいても、前方励起光のパワーよりも後方励起光のパワーを大きくした。この実験では図2に示すように利得とNFが共に平坦なラマン増幅を行うことができた。

【0013】

【表 1】

| 励起波長<br>nm | 後方励起パワー<br>mw | 双方向励起      |           |
|------------|---------------|------------|-----------|
|            |               | 前方励起パワーmw  | 後方励起パワーmw |
| 1426.2     | 166.0         | 33.2       | 105.6     |
| 1438.5     | 158.0         | 34.8       | 106.2     |
| 1451.8     | 89.0          | 21.4       | 64.2      |
| 1466.0     | 81.0          | 0          | 94.6      |
| 1495.2     | 142.0         | 0          | 176.0     |
| 総パワー       | 636.0         | 小計 89.4    | 小計 546.6  |
|            |               | 総パワー 636.0 |           |

## 【0014】

## (実験例 2)

後方励起により平坦な利得（後方励起利得）が得られる励起波長と励起パワーの組合わせとして、表 2 に示すような組合わせがあるとき、短波長側の 3 波を前方励起とし、組合わせに使用された励起光の全て（全波長：5 波）を後方励起とし、これら励起光の総パワーを変えずに（後方励起の場合と等しくして）各波長のパワー配分のみを変えて励起した。この場合、いずれの組合わせにおいても、前方励起光のパワーよりも後方励起光のパワーを大きくした。この実験では図 3 に示すように利得と NF が共に平坦なラマン増幅を行うことができた。



【0015】

【表 2】

| 励起波長<br>nm | 後方励起パワー<br>mw | 双方向励起       |           |
|------------|---------------|-------------|-----------|
|            |               | 前方励起パワーmw   | 後方励起パワーmw |
| 1426.2     | 500.0         | 65.0        | 370.0     |
| 1438.5     | 430.0         | 63.0        | 340.0     |
| 1451.8     | 220.0         | 30.0        | 195.0     |
| 1466.0     | 140.0         | 0           | 170.0     |
| 1495.2     | 124.0         | 0           | 181.0     |
| 総パワー       | 1414.0        | 小計 158.0    | 小計 1256.0 |
|            |               | 総パワー 1414.0 |           |

【0016】

(実験例 3)

後方励起により平坦な利得（後方励起利得）が得られる励起波長と励起パワーの組合わせとして、表 3 に示すような組合わせがあるとき、短波長側から 5 波を前方励起光とし、組合わせに使用された励起光の全て（全波長：9 波）を後方励起とし、これら励起光の総パワーを変えずに（後方励起の場合と等しくして）各波長のパワー配分のみを変えて励起した。この場合、いずれの組合わせにおいても、前方励起光のパワーよりも後方励起光のパワーを大きくした。この実験では

図 4 に示すように利得と N F が共に平坦なラマン増幅を行うことができた。

【0017】

【表 3】

| 励起波長<br>nm | 後方励起パワー<br>mw | 双方向励起       |           |
|------------|---------------|-------------|-----------|
|            |               | 前方励起パワーmw   | 後方励起パワーmw |
| 1424.2     | 322.0         | 77.0        | 117.0     |
| 1431.7     | 250.0         | 35.0        | 197.0     |
| 1439.2     | 235.0         | 30.0        | 198.0     |
| 1446.9     | 145.0         | 20.0        | 141.0     |
| 1454.6     | 110.0         | 22.0        | 95.0      |
| 1462.4     | 78.0          | 0           | 100.0     |
| 1470.3     | 55.0          | 0           | 74.0      |
| 1478.3     | 50.0          | 0           | 71.0      |
| 1500.5     | 90.0          | 0           | 158.0     |
| 総パワー       | 1335.0        | 小計 184.0    | 小計 1151.0 |
|            |               | 総パワー 1335.0 |           |

**【0018】****【発明の効果】**

本発明の請求項1～請求項4のラマン増幅方法は次のような効果がある。

(1) 二以上の励起光の波長とパワーを組合わせ、組合わせた励起光の一部または全てにより双方向励起するので、NFが信号帯域内で平坦である光増幅を行うことができる。

(2) 二以上の励起光の波長とパワーを組合わせ、組合わせた励起光の一部または全てにより双方向励起し、しかも、励起光の総パワーは変えずに、各波長への励起光のパワーの分配を変えるので、ラマン増幅利得が信号帯域内で平坦で、しかも利得の大きな光増幅を行うことができる。

**【0019】**

本発明の請求項2のラマン増幅方法は、組合わせた励起光の一部を前方励起に使用し、その組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用するので、前方励起に使用される励起光が後方励起にも使用されることとなる。このため、前方励起のみの場合に生じていた、NFが短波長側で大きくなるという課題が解消され、NFが信号帯域内全般で平坦な光増幅を行うことができる。

**【0020】**

本発明の請求項3のラマン増幅方法は、組合わせた励起光の短波長側を前方励起に、その組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用するので、短波長側の励起光が前方励起と後方励起の双方に使用されることとなる。このため、ファイバロスの大きい信号光の短波長側が前方励起と後方励起との双方で励起され、短波長側の信号劣化が少なくなり、短波長側でのNFが低下し、信号帯域内全般で平坦な光増幅を行うことができる。

**【0021】**

本発明の請求項4のラマン増幅方法は、励起光のいずれの組合わせにおいても、前方励起光のパワーよりも後方励起光のパワーを大きくしたので、前方励起により信号光と共に増幅されるノイズの増幅が抑えられ、前方励起の場合に生じていた短波長側でのNFの増加が抑制される。また、パワーの大きな励起光で後方励起を行なうため利得の大きな光増幅を行うことができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明のラマン増幅方法の説明図。

**【図 2】**

本発明のラマン増幅方法の実験例 1 の説明図。

**【図 3】**

本発明のラマン増幅方法の実験例 2 の説明図。

**【図 4】**

本発明のラマン増幅方法の実験例 3 の説明図。

**【図 5】**

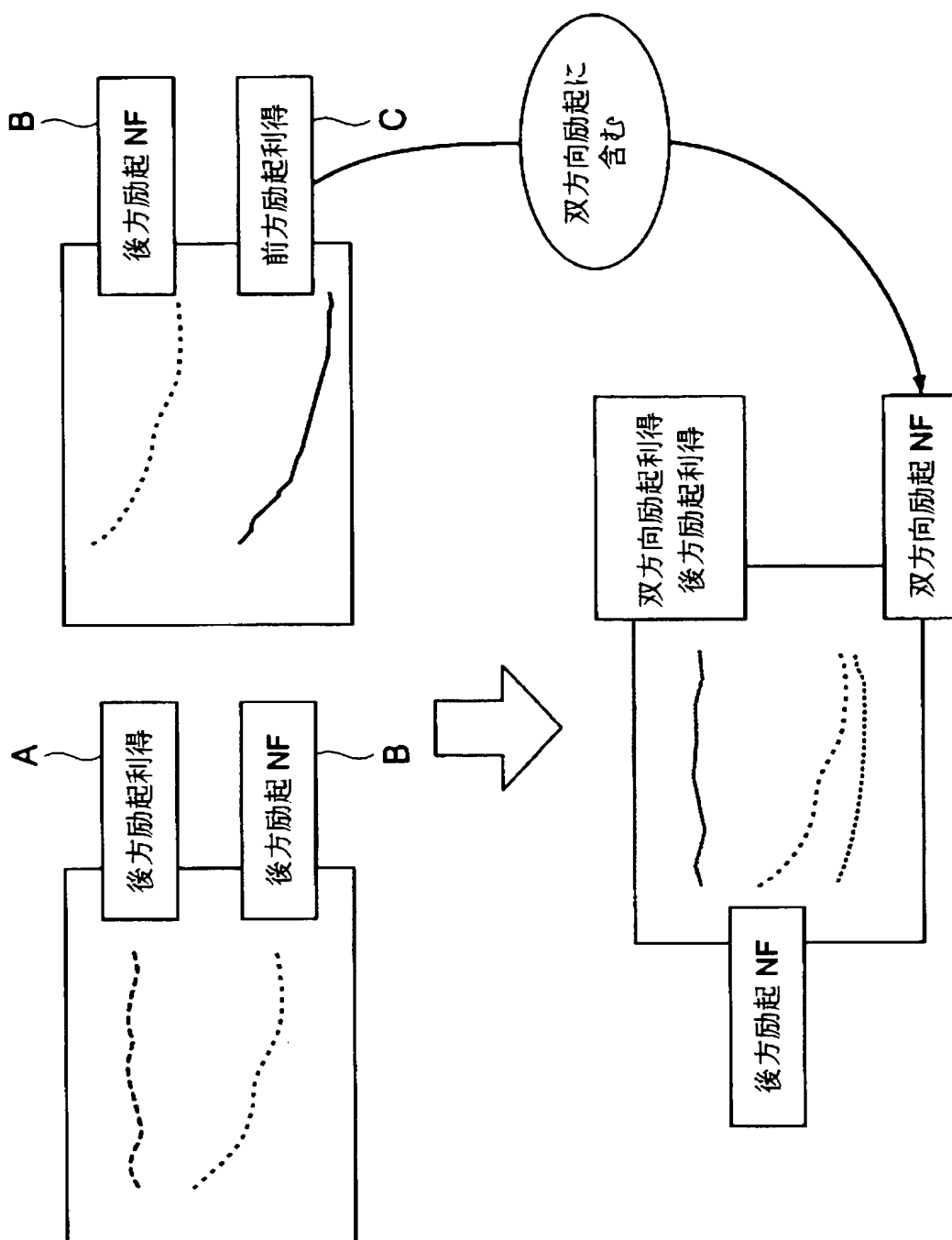
ラマン増幅器における前方励起と後方励起の場合の、波長と N F の関係を示す説明図。

**【図 6】**

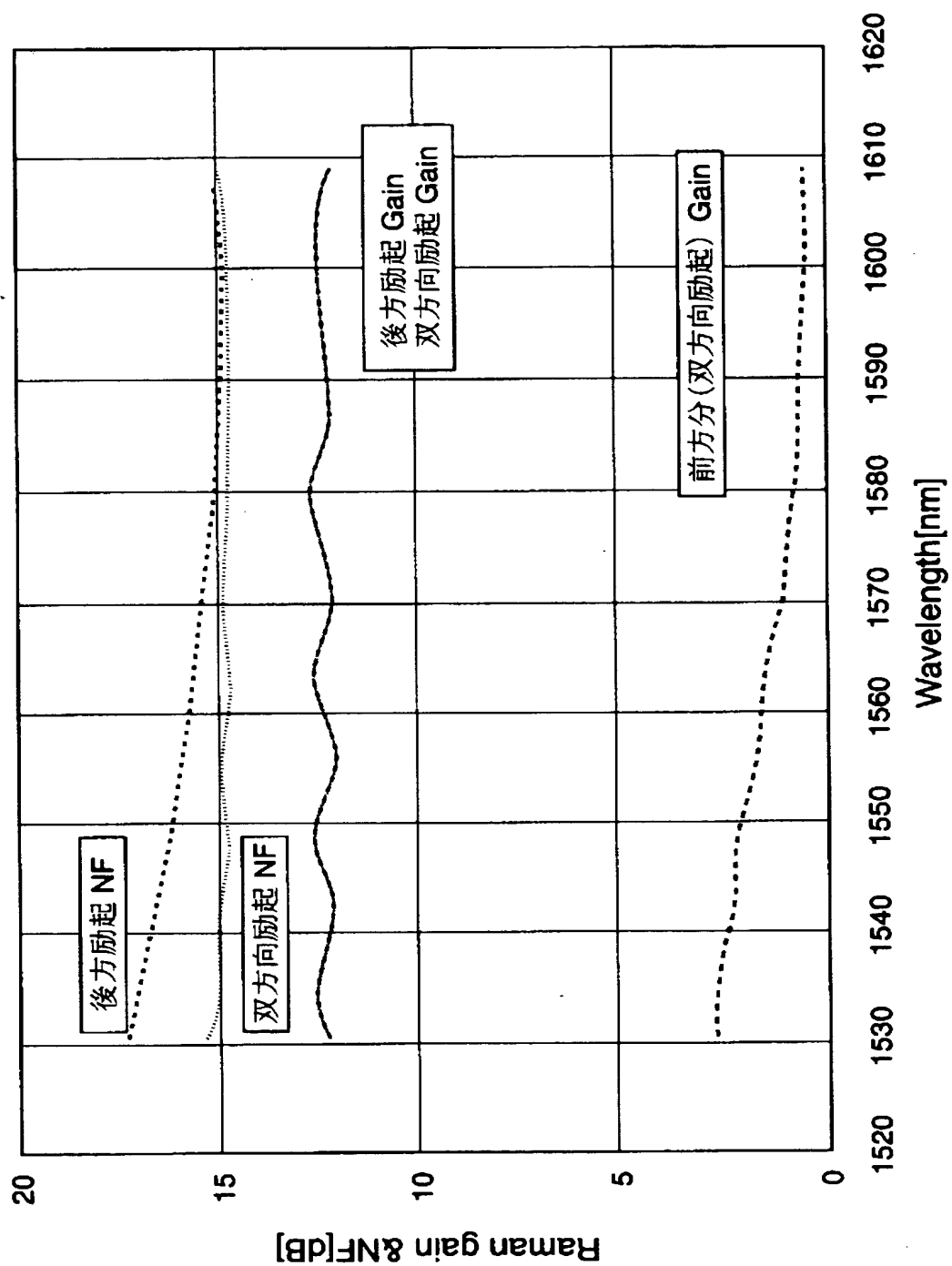
ラマン増幅のファイバ長と利得及び N F の説明図。

【書類名】 図面

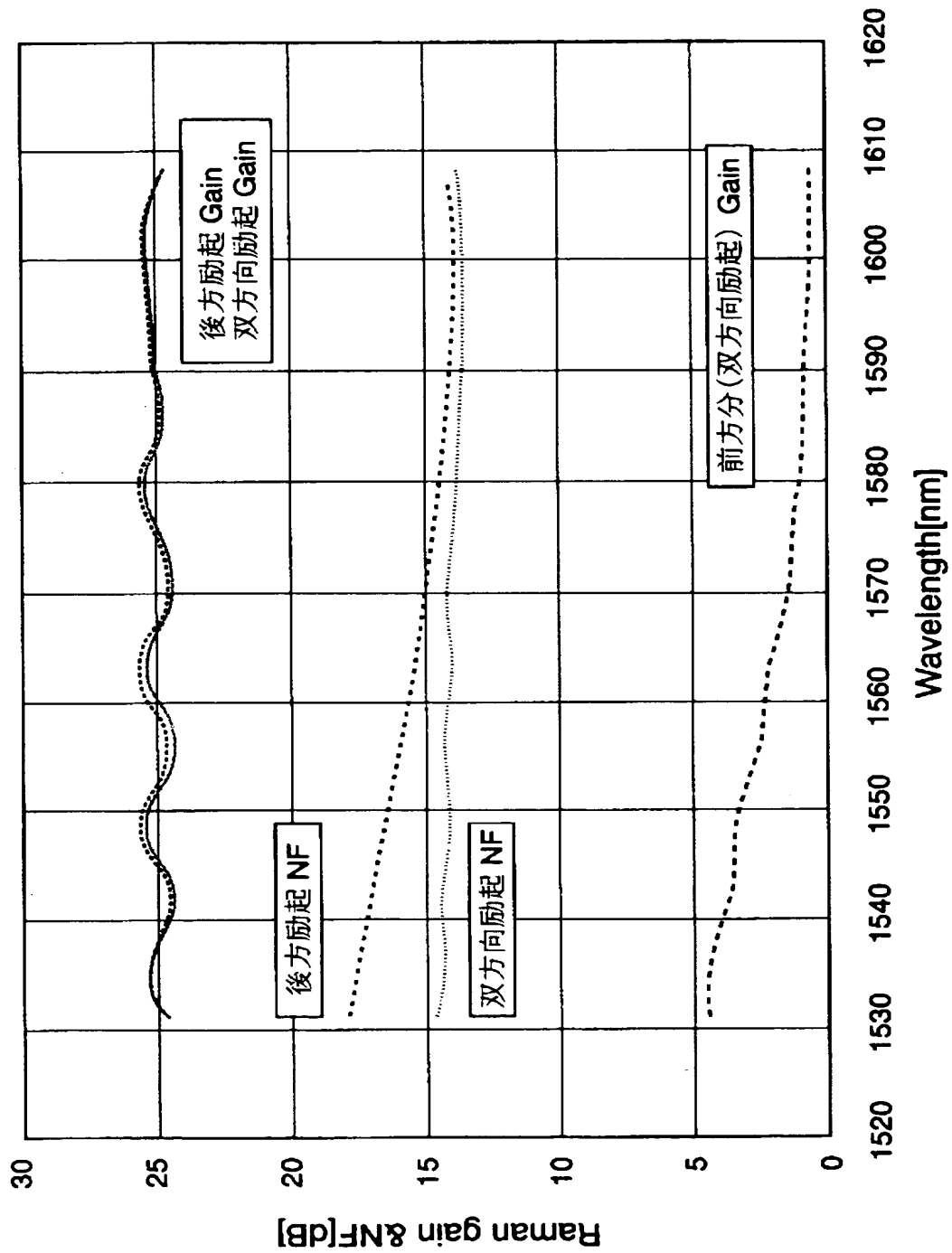
【図 1】



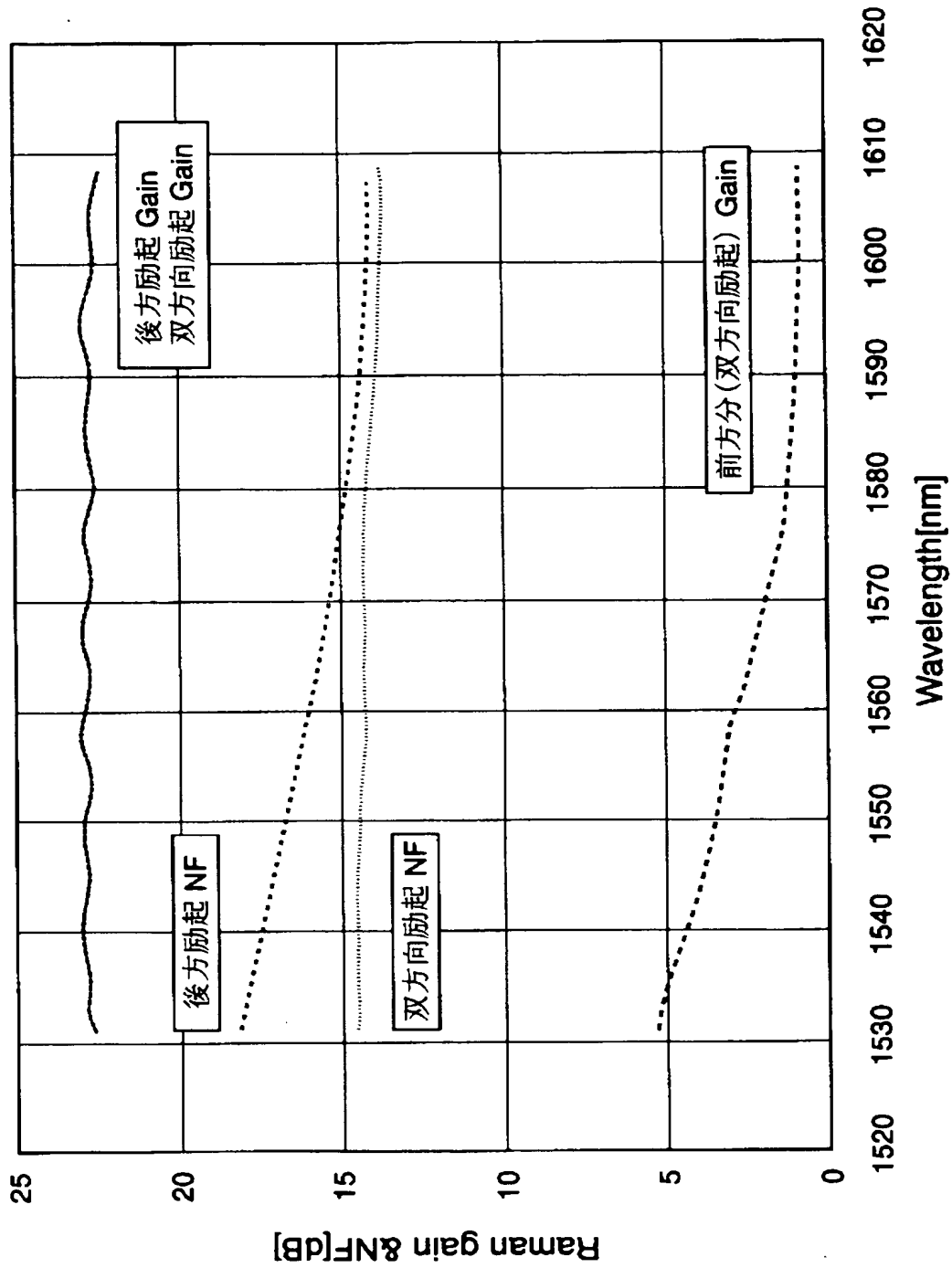
【図 2】



【図 3】

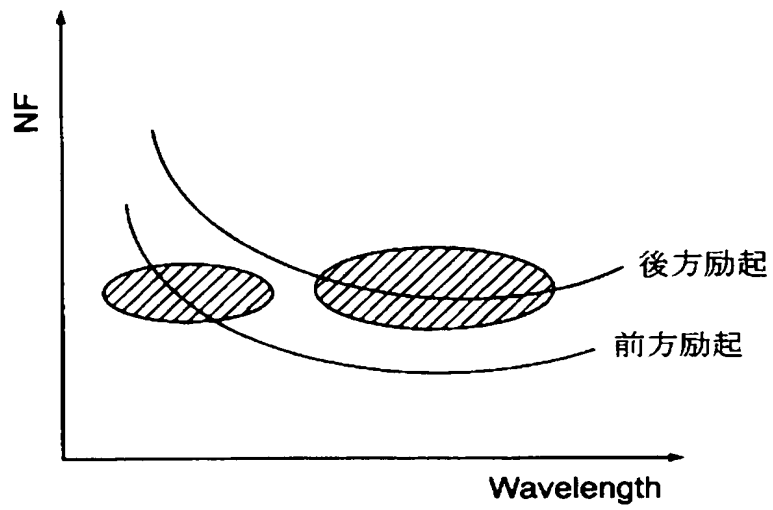


【図 4】

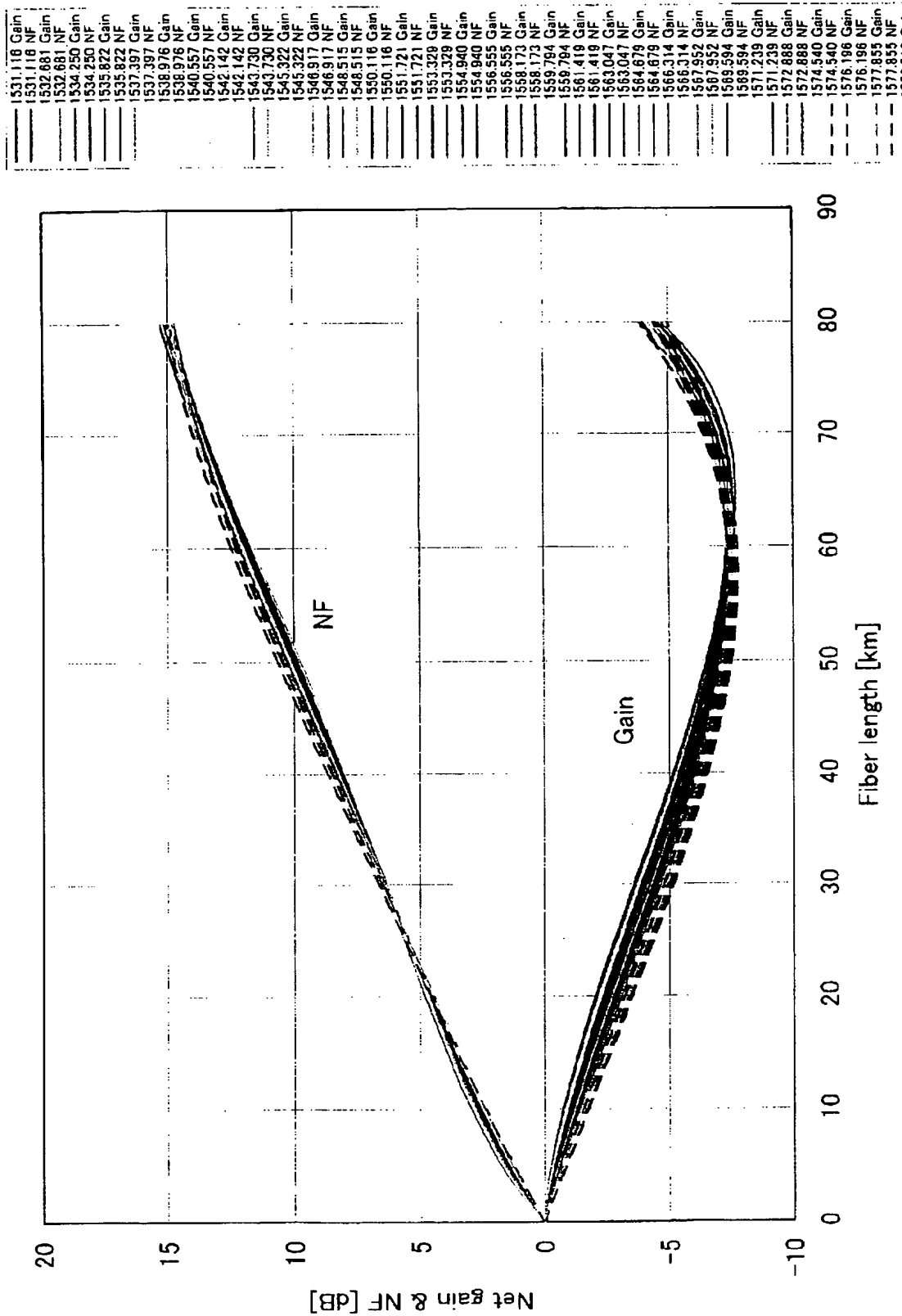




【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一方向励起でラマン増幅するとNFが信号帯域全般で平坦化しない。

【解決手段】 波長の異なる二以上の励起光により信号光を励起するラマン増幅方法において、二以上の励起光の波長とパワーを組合わせ、組合わせた励起光の一部または全てを双方向励起とし、その双方向励起の総パワーは変えずに各波長への励起光のパワーの分配を変えるようにした。組合わせた励起光の一部を前方励起に、組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用する。組合わせた励起光のうち短波長側の励起光を前方励起に、組合わせに使用された励起光の全てを後方励起に使用する。いずれの組合わせにおいても前方励起光のパワーよりも後方励起光のパワーを大きくする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 1 - 2 5 0 8 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 9 0 ]

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日     |
| [変更理由]   | 新規登録                    |
| 住 所      | 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 |
| 氏 名      | 古河電気工業株式会社              |